

# NANOCOMPOSITE POLYMERE-CLUSTERS INORGANIQUES POUR LA PHOTONIQUE INTEGREE : GUIDES RUBAN ET NANOSTRUCTURES-1D

N. Huby, J. Bignon, C. Gouldieff, M. Amela-Cortes, Y. Molard, S. Cordier, JL Duvail, B. Bêche

<sup>1</sup> Institut de Physique de Rennes, Université de Rennes 1, UMR CNRS 6251, Rennes, France

<sup>2</sup> Institut des Matériaux de Nantes, Université de Nantes, UMR CNRS 6502, Nantes, FRANCE.

<sup>3</sup> Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Université de Rennes 1, URI-CNRS 6226, Rennes, France

[nolwenn.huby@univ-rennes1.fr](mailto:nolwenn.huby@univ-rennes1.fr)

## RÉSUMÉ

Des structures guidantes actives basées sur un nanocomposite matrice polymère – clusters inorganiques photoluminescents sont présentées. La manipulation du nanocomposite en phase liquide permet d'exploiter des techniques simples et bas coût, pour atteindre des dimensions sub-microniques. La propagation efficace de la photoluminescence a été caractérisée sur banc d'excitation vertical sur des guides d'onde ruban microniques (de 6 à 97  $\mu\text{m}$  de large) ainsi que sur des nanotubes de diamètre extérieur 240 nm et de parois d'épaisseur d'environ 50 nm. L'efficacité de la propagation de la photoluminescence est discutée en termes de matrice hôte, de source d'excitation et de concentration de clusters dans la zone d'excitation. Des mesures de pertes optiques complétées par des études spectrales permettent de valider l'adéquation de ce nanocomposite pour la réalisation de sources pour la photonique intégrée.

**MOTS-CLEFS :** guides d'onde dopés, photonique intégrée, matrice polymère

## 1. INTRODUCTION

Les composants actifs de photonique intégrés polymères font l'objet d'intenses recherches du fait de leurs propriétés physico-chimiques intéressantes [1] et de leurs procédés de mise en forme originaux et bas coût permis par la manipulation en phase liquide [2]. Dans la littérature, la principale stratégie consiste à doper une matrice polymère avec des terres-rares, des molécules organiques ou des boîtes quantiques [3]. Pourtant, ces luminophores présentent des limitations telles la stabilité chimique, l'extinction de luminescence, le photo-blanchiment ou le scintillement.

Récemment, il a été montré que des clusters octaédriques d'atomes métalliques sont d'efficaces entités photoluminescentes pour le marquage biologique, l'éclairage et les technologies de télécommunication. En outre, leur luminescence est stable et n'est pas sujette aux limitations énoncées ci-dessus. Les clusters de molybdène ( $\text{Mo}_6$ ) sont particulièrement intéressants : ils présentent un haut rendement de fluorescence, un large Stokes-shift, un long temps de vie d'états excités. En outre, comme démontré récemment dans une matrice PMMA, ils présentent une sensibilisation efficace des ions terres-rares  $\text{Er}^{3+}$  [4]. Ces clusters inorganiques apparaissent donc comme une nouvelle classe d'entités moléculaires complémentaires aux principales exploitées que sont les boîtes quantiques et les luminophores organiques.

Dans ce contexte nous présentons les propriétés optiques de guides d'onde actifs basés sur un nanocomposite hybride matrice polymère / clusters  $\text{Mo}_6$ . Les clusters sont dispersés dans une matrice polymère, le choix de celle-ci étant déterminante pour l'efficacité des structures guidantes. La mise en forme par moulage du nanocomposite permet une versatilité des structures obtenues en termes de géométrie et de dimensions. Nous nous intéresserons ici aux guides ruban et aux nanostructures-1D.

## 2. PROPRIETES OPTIQUES ET STRUCTURALES

Dans un premier temps, des caractérisations optiques et structurales ont été réalisées sur le nanocomposite SU8/Mo<sub>6</sub>, obtenu en mélangeant dans la résine SU8 une concentration de clusters variant entre 2% et 8% massique. Pour une concentration de clusters de 4% massique, des mesures par ellipsométrie sur couche mince ont permis d'évaluer une augmentation de l'indice de réfraction de  $3.2 \times 10^{-2}$  à 670 nm par rapport au SU8 seul. En outre, des études d'absorption et d'émission montrent que le spectre de photoluminescence du nanocomposite est très proche de celui des clusters en poudre, le décalage de Stokes restant supérieur à 100 nm. Enfin, le rendement quantique a été mesuré dans l'air à 0.10 et 0.47 dans une matrice SU8 et PDMS respectivement.

## 3. PROPAGATION DE PHOTOLUMINESCENCE

Les différentes structures guidantes ont été caractérisées sur banc d'excitation vertical [5]. Le laser ( $\lambda = 447$  nm) est focalisé verticalement sur une zone de la structure guidante et la détection latérale en sortie de guide est faite par spectromètre, puissancemètre optique et caméra CCD.

Les structures microniques ont été réalisées par lithographie UV en adaptant au nanocomposite les temps d'insolation, de cuisson et de développement. La figure 1a montre les images CCD de la sortie de guides d'onde SU8-Mo<sub>6</sub> de différentes tailles (de haut en bas : 97  $\mu$ m, 47  $\mu$ m, 17  $\mu$ m and 4  $\mu$ m). La lumière apparaît confinée dans les structures guidantes. Le signal a ensuite été enregistré sur le spectromètre et les spectres confirment la propagation de photoluminescence des clusters. Comme le montre la figure 1b, un léger décalage vers les grandes longueurs d'onde est à noter par rapport à la photoluminescence des clusters en poudre. Les pertes de propagation ont été mesurées sur ces guides ruban pour différentes concentrations de clusters. Le coefficient d'atténuation varie entre quelques dB/cm et une quinzaine de dB/cm en fonction de la taille du guide et de la concentration en clusters.

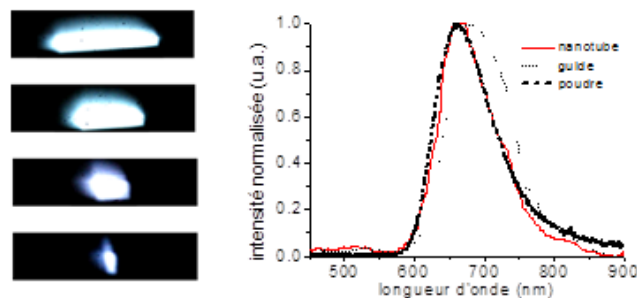


Fig. 1 : a) Images CCD de la face de sortie de guides de différentes tailles, durant l'excitation et la propagation de photoluminescence. b) Spectres de propagation enregistrés sur un nanotube dopé et sur un guide ruban (20  $\mu$ m de large). Le spectre de photoluminescence des clusters en poudre est également reporté pour comparaison.

Les nanotubes sont fabriqués par wetting template [5] à partir du même nanocomposite utilisé pour les guides microniques présentés ci-dessus. Les structures obtenues présentent un diamètre extérieur de 240 nm et des parois d'épaisseur comprise entre 50 et 60 nm. L'excitation UV de ces nanofibres dopées montre un comportement de photoluminescence identique à celui des clusters en poudre, comme présenté dans la figure 1a. La propagation passive le long de ces nanotubes a été mesurée par une méthode dérivée du cut-back et le coefficient d'atténuation est évalué à environ 1.5 dB/cm à 670 nm.

## CONCLUSION

L'intégration et la propagation efficace de la photoluminescence sont présentées dans des structures guidantes SU8 dopées par des clusters, à l'échelle micronique et submicronique. Ces structures sont prometteuses pour la réalisation bas coût de sources intégrées pour la photonique intégrée.

## RÉFÉRENCES

- 
- [1] H. Ma, A.K.-Y. Jen and L.R. Dalton, Adv. Mat. 14, 1339 "Polymer-Based Optical Waveguides: Materials, Processing, and Devices " (2002)
  - [2] C.S. Burke, L. Polerecky and B.D. MacCraith, Meas. Sci. Technol. 15, 1140 « Design and fabrication of enhanced polymer waveguide platforms for absorption-based optical chemical sensors » (2004)
  - [3] C. Grivas and M. Pollnau, Laser Phot . Rev. 6, 419 « Organic solid-state integrated amplifiers and lasers » (2012)
  - [4] Y. Molard, C. Labbé, J. Cardin and S. Cordier, Adv. Funct. Mat. 23, 4821 « Sensitization of Er<sup>3+</sup> infrared photoluminescence embedded in a hybrid Organic-Inorganic copolymer containing octahedral molybdenum clusters » (2013).
  - [5] J. Bigeon, N. Huby, J.L. Duvail, B. Bêche, Nanoscale 6, 5309-5314 « Injection and waveguiding properties in SU8 nanotubes for subwavelength regime propagation and nanophotonics integration » (2014)